

ADSORPSI Pb^{2+} OLEH ARANG AKTIF SABUT SIWALAN (*Borassus flabellifer*)

ADSORPTION OF Pb^{2+} BY SIWALAN FIBER (*Borassus flabellifer*) ACTIVATED CARBON

Esty Rahmawati* dan Leny Yuanita

Jurusan Kimia FMIPA, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Surabaya, Jl. Ketintang, Surabaya, 60231

*e-mail : esty_rahmawati@yahoo.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik arang aktif sabut siwalan sebagai adsorben, pengaruh waktu interaksi terhadap kemampuan adsorpsi Pb^{2+} , dan model adsorpsi isoterm yang sesuai untuk adsorpsi Pb^{2+} . Penentuan pengaruh penambahan arang aktif sabut siwalan terhadap adsorpsi Pb^{2+} pada berbagai variasi waktu yaitu 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, dan 210 menit. Hasil penelitian tahap pertama menunjukkan bahwa kandungan air dan abu pada arang aktif sabut siwalan secara berturut-turut adalah 4,223 % dan 15,7027 %, dan ukuran pori 10 – 40 μm . Penelitian tahap kedua menunjukkan variasi waktu interaksi berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi Pb^{2+} , waktu kontak optimum pada menit ke-150 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 2096,226 $\mu g/g$. Hasil penelitian tahap ketiga menunjukkan adsorpsi arang aktif sabut siwalan terhadap Pb^{2+} mengikuti model isoterm Langmuir dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,961$.

Kata kunci : Adsorpsi, Pb^{2+} , Arang aktif, Sabut siwalan

Abstract. This research has purpose to know the characteristic of siwalan fiber activated carbon as adsorbent, the effect of interaction time to adsorption ability of Pb^{2+} , and isotherm adsorption model which is appropriate for Pb^{2+} adsorption. The determination of influence by adding siwalan fiber activated carbon to Pb^{2+} adsorption at the various time such as 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, and 210 minutes. The result of this research in the first step that show moisture and ash content on the siwalan fiber activated carbon respectively is 4,223 % and 15,7027 %, and the size of pore is 10 – 40 μm . The second step has shown that time variation of interaction affect on adsorption ability of Pb^{2+} , optimum interaction time at 150th minutes with adsorption capacity 2096,226 $\mu g/g$. The result of the third step has shown that siwalan fiber activated carbon to Pb^{2+} adsorption according to the Langmuir isotherm model with determination coefficient $R^2 = 0,961$.

Keywords : Adsorption, Pb^{2+} , Activated carbon, Siwalan fiber

PENDAHULUAN

Salah satu zat pencemar lingkungan adalah logam berat, diantaranya adalah timbal (Pb), kromium (Cr), tembaga (Cu), kadmium (Cd), nikel (Ni), merkuri (Hg) dan seng (Zn). Limbah ini akan menyebabkan pencemaran serius terhadap lingkungan jika kandungan logam berat yang terdapat di dalamnya melebihi ambang batas dan akan menyebabkan penyakit serius bagi manusia apabila terakumulasi di dalam tubuh. Timbal (Pb) merupakan salah satu pencemar yang dipermasalahkan karena bersifat sangat toksik

dan tergolong sebagai bahan buangan beracun dan berbahaya [1].

Salah satu metode yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar dari air limbah yang mengandung logam-logam berat adalah adsorpsi. Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu adsorbat pada permukaan adsorben. Adsorbat adalah zat (molekul, atom, atau ion) yang diserap sedangkan adsorben adalah zat yang menyerap. Adsorben yang sering digunakan untuk menurunkan konsentrasi logam berat adalah arang aktif, karena lebih mudah didapatkan secara komersil. Adsorben yang sering digunakan untuk menurunkan konsentrasi logam berat adalah

arang aktif, karena lebih mudah didapatkan secara komersil.

Arang aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi [2]. Arang selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai adsorben (penyerap). Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat digunakan menjadi lebih tinggi jika arang tersebut dilakukan aktivasi dengan bahan-bahan kimia atau pemanasan pada temperatur tinggi. Aktivator yang digunakan adalah bahan-bahan kimia seperti H_2SO_4 , HCl , H_3PO_4 , dan $ZnCl_2$ [2].

Tanaman siwalan tumbuh subur di daerah yang banyak mendapatkan sinar matahari, misalnya di daerah pantai. Sampai saat ini pemanfaatan tanaman siwalan hanya terbatas pada buah dan batangnya saja, sedangkan sabut atau kulitnya merupakan limbah yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Pada kondisi kering komposisi sabut ini mengandung 89,2% selulosa, 5,4% air, 3,1% karbohidrat, dan 2,3% abu [3]. Karena kandungan selulosa tersebut maka sabut siwalan dapat digunakan sebagai bahan pembuatan arang aktif untuk menyerap logam-logam berat. Selulosa merupakan komponen penting untuk proses adsorpsi [4].

Beberapa penelitian tentang pemanfaatan sabut siwalan telah dilakukan. Pada penelitian Wahyudi memanfaatkan sabut buah siwalan untuk dibuat etanol melalui proses pemurnian selulosa, hidrolisis selulosa, dan fermentasi [5]. Penelitian lain dilakukan oleh Dewati (2010) tentang pemanfaatan sabut siwalan sebagai bahan pembuatan asam oksalat dengan oksidator H_2O_2 [3]. Dalam penelitian ini pemanfaatan sabut siwalan digunakan sebagai bahan pembuat arang aktif dengan aktivator $ZnCl_2$. Menurut Rodriguez dkk., [6] selama proses perendaman menggunakan zat pendehidrasi $ZnCl_2$ terjadi proses hidrolisis dan pengembangan (*swelling*) partikel-partikel karbon sehingga membentuk pori.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang aktif sabut siwalan, $Pb(NO_3)_2$, serbuk $ZnCl_2$, akuades dan akuabides.

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas kimia 100 ml; 250 ml; 1000 ml, labu ukur 100 ml; 1000 ml, pipet ukur 25 ml, shaker, eksikator, kertas saring Whatman No. 42, gelas ukur 10 ml; 25 ml, ayakan 100 mesh, neraca analitik, oven, tanur, pipet tetes, kaca arloji, kurs, corong, botol film, dan Spektrometri Serapan Atom (SSA).

Prosedur Kerja

Pembuatan Arang Aktif Sabut Siwalan

Dehidrasi

Menjemur sabut siwalan dibawah sinar matahari agar kandungan air yang berada dalam sabut siwalan tersebut dapat dihilangkan sehingga tidak mengganggu proses pembuatan arang aktif.

Karbonisasi

Pembentukan arang dari bahan baku 1 kg sabut siwalan ditimbang dan ditempatkan pada sebuah wadah tertutup, kemudian dipanaskan dalam tanur pada suhu $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam. Arang yang diperoleh didinginkan, digiling dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh.

Aktivasi

Proses perendaman menggunakan zat aktivator. Pada penelitian ini zat aktivator yang digunakan adalah $ZnCl_2$. Sebanyak 50 gram arang direndam dalam 500 ml larutan $ZnCl_2$ 9% selama 60 menit. Arang aktif yang dihasilkan dicuci dengan akuades untuk menghilangkan pengotor. Kemudian dikeringkan dengan pemanasan dalam oven pada suhu $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam. Arang aktif siap digunakan untuk proses adsorpsi.

Pengujian (Karakterisasi) Arang Aktif

Kadar Air

Sebanyak 1 gram arang aktif ditimbang dan dimasukkan ke dalam kaca arloji yang telah diketahui beratnya. Kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 2 jam. Setelah itu, didinginkan dalam eksikator dan selanjutnya ditimbang sampai berat tetap.

$$\% \text{ kadar air} = \frac{\text{berat sebelum} - \text{sesudah dikeringkan}}{\text{berat sebelum dikeringkan}} \times 100 \%$$

Kadar Abu

Sebanyak 1 gram arang aktif ditimbang dan dimasukkan ke dalam kurs yang telah diketahui beratnya. Kemudian ditempatkan dalam tanur listrik pada suhu 600 °C selama 1 jam. Setelah itu didinginkan dalam desikator selama satu jam dan selanjutnya ditimbang sampai berat tetap.

$$\% \text{ kadar abu} = \frac{\text{berat abu}}{\text{berat sampel kering}} \times 100\%$$

Pengamatan Bentuk Permukaan Arang Aktif

Pengamatan dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui topografi permukaan arang aktif dan ukuran pori yang terdapat pada arang aktif sabut siwalan.

Pembuatan Larutan Induk dan Larutan Kerja Pb²⁺**Larutan Induk Pb²⁺ 1000 ppm**

Menimbang dengan teliti 0,1598 gram Pb(NO₃)₂, dan dilarutkan dengan akuabides dalam labu ukur 100 mL sampai tanda batas.

Larutan Kerja Pb²⁺ 100 ppm

Larutan kerja Pb²⁺ 100 ppm dibuat dengan melarutkan 10 mL larutan induk Pb²⁺ 1000 ppm dengan akuabides dalam labu ukur 100 mL sampai tanda batas.

Penentuan Waktu Interaksi Optimum

Sebanyak masing-masing 0,287 gram arang aktif sabut siwalan 100 mesh ditimbang dan dimasukkan ke dalam 5 botol sampel. Ke dalam masing-masing botol tersebut ditambahkan 25 mL larutan Pb²⁺ 25 ppm, setelah itu dilakukan pengadukan selama 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, dan 210 menit. Larutan yang diperoleh disentrifuge, disaring dan filtratnya diukur absorbansinya menggunakan SSA dengan panjang gelombang 217 nm. Percobaan dilakukan dengan tiga kali pengulangan.

Tahap Penentuan Jenis Adsorpsi Isoterm

Jenis adsorpsi ditentukan dengan menggunakan kondisi optimum yang didapat dari tahap sebelumnya. Sebanyak 0,287 gram arang aktif sabut siwalan 100 mesh ditambahkan ke dalam 25 mL larutan Pb²⁺ pada konsentrasi 5, 10, 25, dan 50 ppm. Dikocok dengan shaker selama waktu optimum. Larutan yang didapat disaring dan diukur absorbansinya. Nilai absorbansi

digunakan untuk menentukan sisa kemudian dimasukkan ke dalam persamaan adsorpsi isoterm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data penelitian diperoleh dari beberapa tahap yang meliputi: pembuatan arang aktif sabut siwalan, karakteristik arang aktif sabut siwalan, penentuan kurva standar Pb²⁺, pengaruh waktu interaksi optimum, dan penentuan jenis adsorpsi isotherm.

Karakteristik Arang Aktif Sabut Siwalan**Kadar Air**

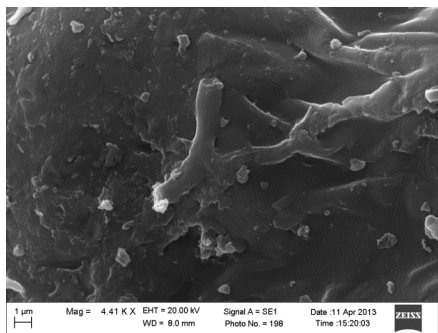
Penentuan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis arang aktif. Kadar air arang aktif sabut siwalan yang dihasilkan rata-rata 4,223%. Kadar air dari sampel diharapkan mempunyai nilai rendah karena kadar air yang tinggi akan mengurangi daya jerap arang aktif terhadap gas maupun cairan gas [7].

Kadar Abu

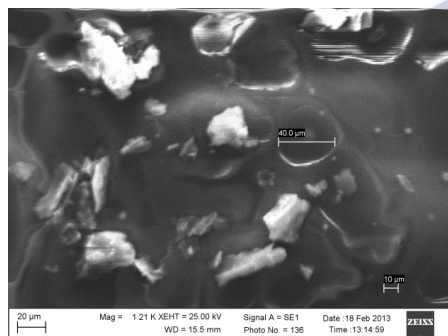
Kadar abu arang aktif merupakan sisa mineral yang tertinggal ketika karbonisasi, karena komponen senyawa penyusun bahan dasar arang aktif tidak hanya terdiri dari karbon saja tetapi juga mengandung mineral-mineral lain diantaranya kalium, natrium, magnesium, kalsium. Kadar abu arang aktif sabut siwalan yang dihasilkan rata-rata 15,7027 %. Hal ini menunjukkan bahwa arang aktif sabut siwalan belum memenuhi syarat mutu SNI No. 06-3730-95 yaitu kurang dari 10%. Besarnya kadar abu ini disebabkan terjadinya oksidasi karbon lebih lanjut terutama dari partikel yang sangat halus sehingga akan mempengaruhi arang aktif yang akan dibuat [7].

Pengamatan Bentuk Permukaan Arang Aktif

Permukaan arang aktif dapat dilihat menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui morfologi meliputi bentuk dan ukuran dari pori karbon aktif. Selain itu analisis SEM digunakan untuk mengetahui topografi arang aktif meliputi analisis permukaan dan tekstur arang aktif yang terbentuk.



Gambar 1. Hasil SEM sabut siwalan sebelum aktivasi.



Gambar 2. Hasil SEM sabut siwalan setelah aktivasi.

Analisis struktur permukaan pori dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Analisis ini bertujuan untuk mengetahui topografi permukaan suatu bahan akibat perubahan suhu karbonisasi dan aktivasinya. Hasil analisis SEM dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2. Perlakuan panas yang dialami sabut siwalan pada proses karbonisasi menyebabkan senyawa-senyawa tersebut terurai dan menghasilkan tiga komponen utama yaitu karbon (arang), tar, dan gas (*volatile matter*).

Hasil pengamatan SEM pada sabut siwalan sebelum aktivasi yang ditunjukkan Gambar 1 mempunyai ukuran partikel yang tidak seragam. Hal ini disebabkan oleh proses pengayakan dengan ukuran mesh yang tidak selektif dan tidak homogen. Selain itu sabut siwalan belum teraktivasi oleh ZnCl_2 sehingga bentuk permukaan masih terikat rapat satu sama lain yang menyebabkan morfologi dan topografi arang tidak membentuk pori.

Pengamatan SEM sabut siwalan setelah aktivasi yang ditunjukkan pada Gambar 2 permukaan pori semakin terbuka dengan diameter $\pm 10 - 40 \mu\text{m}$ yang tersebar di permukaan dan dinding rongga arang aktif sabut siwalan. Rongga dan pori-pori ini terbentuk karena pengaruh panas saat proses karbonisasi yang menyebabkan terjadinya proses penguraian senyawa organik

pada sabut siwalan. Bentuk permukaan dari arang sudah terlihat homogen, karena telah mengalami aktivasi oleh ZnCl_2 . Hasil analisis SEM setelah aktivasi menunjukkan masih terdapat ZnCl_2 sebagai aktivator yang berwarna putih dan terdapat dalam permukaan arang aktif.

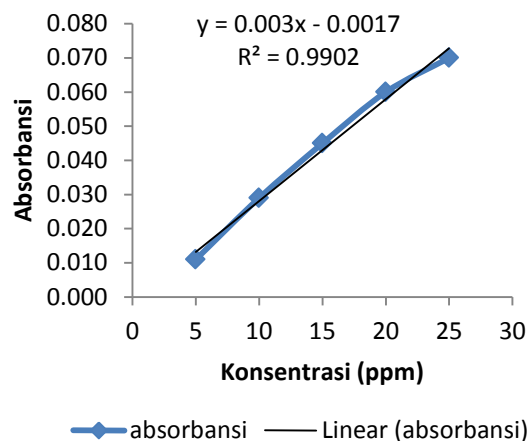
Penentuan Kurva Larutan Standar Pb^{2+}

Kurva larutan standar Pb^{2+} dibuat dengan cara mengukur absorbansi larutan standar Pb^{2+} pada konsentrasi 5, 10, 15, 20, dan 25 ppm menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang 217 nm. Data yang diperoleh disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Absorbansi Larutan Standar Pb^{2+}

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
5,000	0,011
10,000	0,029
15,000	0,045
20,000	0,060
25,000	0,070

Kurva larutan standar dibuat dengan mengalurkan besarnya konsentrasi larutan (ppm) sebagai sumbu x terhadap besarnya absorbansi sebagai sumbu y sebagai berikut:



Gambar 3. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Pb^{2+}

Penentuan Waktu Interaksi Optimum

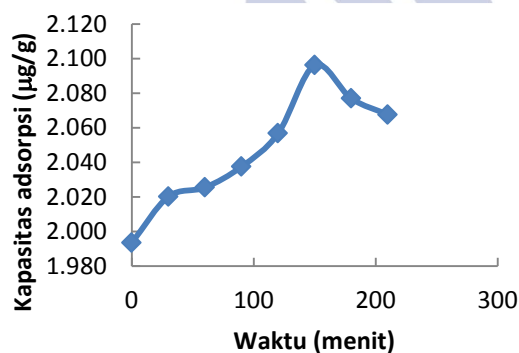
Waktu interaksi yang cukup diperlukan arang aktif agar dapat mengadsorpsi logam secara optimal. Semakin lama waktu interaksi, maka semakin banyak logam yang teradsorpsi karena semakin banyak kesempatan partikel arang aktif untuk bersinggungan dengan logam. Hal ini menyebabkan semakin banyak logam yang terikat di dalam pori-pori arang aktif. Tetapi apabila adsorbennya sudah jenuh, waktu interaksi tidak

lagi berpengaruh. Penelitian yang telah dilakukan, terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kapasitas adsorpsi ($\mu\text{g/g}$) pada variasi waktu interaksi

Waktu (menit)	Q($\mu\text{g/g}$)
0	1993,554
30	2020,180
60	2025,494
90	2037,544
120	2056,794
150	2096,226
180	2077,004
210	2067,616

Dari data Tabel 2 dapat dibuat grafik dengan mengalurkan lama waktu interaksi adsorpsi (menit) sebagai sumbu x terhadap besarnya kapasitas adsorpsi ion Pb^{2+} ($\mu\text{g/g}$) sebagai sumbu y.



Gambar 4. Kurva hubungan antara waktu interaksi terhadap kapasitas adsorpsi ion Pb^{2+} .

Pengaruh waktu interaksi terhadap kapasitas adsorpsi ion Pb^{2+} disajikan pada Gambar 4. Adsorpsi arang aktif sabut siwalan terhadap ion Pb^{2+} menunjukkan kenaikan yang relatif besar pada waktu interaksi antara 0 menit hingga 150 menit, setelah diatas 150 menit sedikit mengalami penurunan karena desorpsi. Pada Tabel 2 waktu interaksi optimum terjadi pada menit ke-150, yang menunjukkan banyaknya ion Pb^{2+} teradsorpsi per gram adsorben arang aktif sabut siwalan dengan nilai Q sebesar 2096,226 $\mu\text{g/g}$.

Tahap Penentuan Jenis Adsorpsi Isoterm

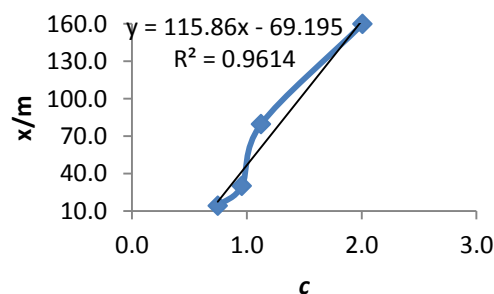
Tipe isoterm adsorpsi dapat digunakan untuk mengetahui mekanisme adsorpsi arang aktif sabut siwalan terhadap ion Pb^{2+} . Adsorpsi fase padat cair biasanya menganut tipe isoterm Freundlich dan Langmuir [8]. Ikatan yang terjadi

antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben dapat terjadi secara fisisorpsi dan kimisorpsi. Penelitian yang telah dilakukan, terdapat pada Tabel 3.

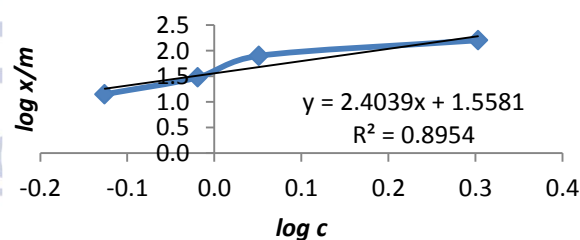
Tabel 3. Data isoterm Langmuir dan Freundlich untuk adsorpsi ion Pb^{2+} oleh adsorben arang aktif sabut siwalan

C_a (ppm)	C_o (ppm)	m (gr)	Isoterm Langmuir			Isoterm Freundlich	
			c	x	x/m	$\log c$	$\log x/m$
5	0,748	0,287	0,748	4,252	14,815	-0,126	1,171
10	0,957	0,287	0,957	9,043	31,509	-0,019	1,498
25	1,125	0,287	1,125	23,875	83,188	0,051	1,920
50	2,009	0,287	2,009	47,991	167,216	0,303	2,223

Dari data Tabel 3 dapat dibuat grafik untuk mengetahui koefisien determinasi sehingga diperoleh kelinieritasnya antara isoterm Langmuir dan Freundlich.



Gambar 5. Isoterm Langmuir adsorpsi arang aktif sabut siwalan terhadap ion Pb^{2+}



Gambar 6. Isoterm Freundlich adsorpsi arang aktif sabut siwalan terhadap ion Pb^{2+}

Isoterm adsorpsi arang aktif sabut siwalan terhadap ion Pb^{2+} tipe Langmuir dan Freundlich diperlihatkan pada Gambar 5 dan 6. Linieritas kedua tipe isoterm pada adsorpsi tersebut menunjukkan linieritas yang tinggi, yaitu $R^2 = 0,961$ untuk isoterm Langmuir dan $R^2 = 0,895$ untuk isoterm Freundlich.

Penentuan penggunaan model isoterm adsorpsi yang sesuai untuk arang aktif sabut

siwalan terhadap ion Pb^{2+} dapat diketahui dengan melihat koefisien korelasi (R^2) yang mendekati nilai 1 [9]. Berdasarkan perbandingan dari kedua tipe isoterm adsorpsi tersebut linieritas isoterm adsorpsi tipe Langmuir lebih mendekati nilai 1 dibandingkan dengan isoterm Freundlich. Dengan demikian kemungkinan adsorpsi bersifat kimia yang terjadi pada lapisan tunggal (monolayer) dengan membentuk ikatan kovalen koordinasi antara ion Pb^{2+} dengan gugus hidroksil ($-OH$). Oleh karena itu, isoterm tipe Langmuir lebih baik digunakan untuk mencirikan mekanisme adsorpsi arang aktif sabut siwalan terhadap ion Pb^{2+} .

SIMPULAN

1. Karakteristik arang aktif sabut siwalan dari hasil penelitian adalah kadar air sebesar 4,223 %, kadar abu sebesar 15,7027 %, dan ukuran pori 10 – 40 μm .
2. Waktu kontak optimum yang dibutuhkan untuk mengadsorpsi arang aktif sabut siwalan terhadap ion Pb^{2+} adalah 150 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 2096,226 $\mu g/g$.
3. Jenis isoterm adsorpsi arang aktif sabut siwalan terhadap ion Pb^{2+} adalah Isoterm Langmuir dengan $R^2 = 0,961$.

DAFTAR PUSTAKA

1. Yanuar, Hendry. 2009. *Adsorpsi Ion Pb^{2+} Dalam Air dengan Jerami Padi*. Papua: Jurusan Teknik Sipil Universitas Cendrawasih. Vol. 100, Mei 2009, ISSN 0854-8986.
2. Sembiring dan Sinaga. 2003. *Arang Aktif (Pengenal dan Proses Pembuatannya)*. Medan: Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik USU.
3. Dewati, Retno. 2010. *Kinetika Reaksi Pembuatan Asam Oksalat dari Sabut Siwalan dengan Oksidator H_2O_2* . Surabaya: Teknik Kimia FTI-UPNV Jawa Timur. Jurnal Penelitian Ilmu Teknik Vol. 10, No. 1, Juni 2010: 29-37.
4. Purnama, Herry dan Setiati. 2004. *Adsorpsi Limbah Tekstil Sintesis dengan Jerami Padi*. Surakarta: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNS. Jurnal Teknik Gelagar Vol.15, No.1, April 2004: 1-9.
5. Wahyudi, Bambang. *Pembuatan Etanol dari Sari Sabut Buah Siwalan dengan Proses Hidrolisis Fermentasi*. Surabaya: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN. Jurnal Kimia dan Teknologi ISSN 0216-163X.

6. Rodriguez, R., 1995, *Chemistry and Physics of Carbon*, P. A. Thrower, Vol. 21, P.1.
7. Pari G. 1996. Pembuatan Arang Aktif dari Serbuk Gergaji Sengon (*Paraserianthes falcataria*) dengan Cara Kimia. Buletin Penelitian Hasil Hutan 14:308-320.
8. Atkins, P.W. 1999. *Kimia Fisika*. Jakarta: Erlangga.
9. Wijaya. 2008. *Penggunaan Tanah Laterit Sebagai Media Adsorpsi Untuk Menurunkan Kadar COD Pada Pengolahan Limbah Cair di Rumah Sakit Baktiningsih Klepu Yogyakarta*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.